



Best Available Copy

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

REC'D 01 JUN 2004

WIPO

PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 29 AVR. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
La Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • F / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 15 MAI 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0305833 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 15 MAI 2003 PAR L'INPI		NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET JP COLAS CONSEILS en PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE 37, Avenue Franklin-Roosevelt 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) DB4096/CA/LT			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) RESONATEURS INTEGRES ET BASE DE TEMPS INCORPORANT DE TELS RESONATEURS			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA Recherche et Développement	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	Rue Jaquet-Droz 1	
	Code postal et ville	12010 NEUCHÂTEL	
	Pays	SUISSE	
Nationalité		SUISSE	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

15 MAI 2003

LIEU



75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0305833

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 V / 210502

6 MANDATAIRE (si l'auteur)			
Nom		COLAS	
Prénom		Jean-Pierre	
Cabinet ou Société		CABINET JP COLAS	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	37, avenue Franklin D. Roosevelt	
	Code postal et ville	75 10 10 18 PARIS	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
7 INVENTEUR(S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [] [] [] [] []	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
Jean-Pierre COLAS - CPI N° 92 1056		 	

Résonateurs intégrés et base de temps incorporant de tels résonateurs

La présente invention se rapporte aux résonateurs en
général et concerne, plus particulièrement, les résonateurs
intégrés en silicium monocristallin, permettant la réalisation d'une
base de temps stable en température, ainsi qu'une base de temps
réalisée avec de tels résonateurs.

Le quartz est certainement le matériau le plus utilisé pour la
fabrication de résonateurs car c'est l'un des rares cristaux connus
qui permette l'annulation, à température ambiante, du premier
coefficient thermique de la fréquence par un choix approprié des
angles de coupe des résonateurs. De plus, la compensation des
dérives thermiques, dues aux coefficients d'ordres plus élevés, est
également possible par une adaptation de la géométrie même de
ces résonateurs. Enfin, le quartz est également piézoélectrique, ce
qui permet une excitation directe des modes de vibration choisis.
Bien que le quartz reste un matériau de choix pour la réalisation de
structures résonantes, il existe, toutefois, une demande de plus en
plus forte pour l'intégration de telles structures dans un substrat de
silicium; matériau utilisé pour les circuits intégrés ainsi que pour un
nombre croissant de structures de type "MEMS" (Micro-Electro-
Mechanical Systems).

25

Un exemple de résonateur intégré dans un substrat de
silicium monocristallin peut être trouvé dans la demande de brevet
européen EP 079 59 53. Les coefficients thermiques de la

fréquence d'un tel résonateur sont, respectivement, de l'ordre de - 30 ppm (parties par million ou 10^{-6}) / °C pour le coefficient de premier ordre α et de -13 ppb (parties par milliard ou 10^{-9}) / °C² pour le coefficient de deuxième ordre β . Pour les compenser, il est
5 proposé d'utiliser un thermomètre, intégré dans le même substrat, agissant sur un circuit d'ajustement de fréquence. Non seulement, une telle méthode de compensation implique un étalonnage de l'ensemble du résonateur et de l'oscillateur après fabrication mais encore, sa précision dépend de celle du thermomètre intégré qui
10 est loin d'être idéale, en particulier, si l'on considère les effets du vieillissement.

Aussi un but de la présente invention est la réalisation de résonateurs intégrés dans un substrat de silicium monocristallin et
15 dont les dérivées thermiques peuvent être compensées de manière simple et précise.

Un objet de l'invention est un ensemble de résonateurs, intégrés dans un substrat de silicium monocristallin et destinés à
20 permettre la réalisation d'une base de temps stable en température, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un premier et un deuxième résonateurs prévus pour osciller selon des modes de types différents et avec des dimensions telles qu'au moins le premier coefficient thermique de la différence de leur fréquence est
25 égal ou proche de zéro.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le deuxième coefficient thermique de la différence des fréquences est également rendu proche de zéro par une orientation donnée des résonateurs dans le substrat de silicium.

Grâce à ces caractéristiques, la compensation thermique est obtenue par la différence des fréquences de deux résonateurs oscillant sur des modes de types différents, cette différence pouvant être rendue indépendante de la température.

L'ensemble de résonateurs selon l'invention possède encore toutes ou certaines des caractéristiques énoncées ci-après:

- ledit premier résonateur est prévu pour osciller selon un mode d'allongement;

- ledit deuxième résonateur est prévu pour osciller selon un mode de cisaillement de surface;

- lesdits premier et second résonateurs ont, chacun, une structure symétrique constituée par un bras central reliant deux plaques rectangulaires, lesdits résonateurs pouvant être tenus au niveau de la partie médiane desdits bras centraux;

- lesdits résonateurs comportent des moyens d'excitation piézoélectrique;

- lesdits moyens d'excitation piézoélectrique comprennent une couche d'AlN déposée sur lesdits bras centraux et des électrodes permettant de contacter ladite couche d'AlN;

- le substrat de silicium est dopé et constitue l'une des électrodes desdits moyens d'excitation piézo-électrique.

5 D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en relation avec les dessins annexés dans lesquels:

10 - la figure 1 montre un ensemble de deux résonateurs selon l'invention réalisés dans une plaque de silicium monocristallin d'orientation {001};

15 - les figures 2.a et 2.b montrent les variations des premiers et deuxièmes coefficients thermiques, respectivement, des résonateurs de la figure 1 en fonction de l'orientation de ces derniers;

20 - la figure 3 représente les géométries des dépôts d'AlN et des électrodes sur le résonateur 3 de la figure 1;

25 - la figure 4 montre une vue en coupe du résonateur de la figure 3; et

la figure 5 est un exemple de circuit permettant d'extraire la différence des fréquences des résonateurs de l'invention.

- 5 Les deux résonateurs 2 et 3 de la figure 1 oscillent selon des modes dits "modes de contour"; ce qui signifie qu'ils se présentent sous la forme de plaques minces vibrant dans leur plan et dont la fréquence est indépendante de l'épaisseur desdites plaques. Leur structure correspond à deux plaques rectangulaires 21, 22, 31, 32
- 10 reliées par un bras central 23, 33, lui-même connecté au substrat 1 de silicium monocristallin par l'intermédiaire d'un bras de fixation 24, 34. Une zone rectangulaire 25, 35, située dans le prolongement du et opposée au bras de fixation, a pour but de symétriser l'ensemble de chaque résonateur et, par suite, ses
- 15 déformations en contrebalançant l'évanescence dans la zone d'encastrement et ce, dans le but d'atteindre des facteurs de qualité élevés. Dans l'exemple décrit, le résonateur 2 est prévu pour osciller selon un mode de Lamé; l'onde de cisaillement qui lui est associée se propageant selon les diagonales des carrés
- 20 inscrits dans les plaques 21 et 22; et il est orienté selon la direction $\langle 110 \rangle$ du substrat, tandis que le résonateur 3, avec son axe longitudinal en ligne avec la direction $\langle 100 \rangle$ du substrat, est prévu pour osciller selon un mode d'allongement de son bras central 33.
- 25 Conformément à l'invention, la compensation thermique est obtenue par la différence des fréquences de deux résonateurs

oscillant selon des modes différents. La fréquence du résonateur 2 peut s'exprimer sous la forme:

$$F_1 = F_{10}(1 + \alpha_1 \Delta T + \beta_1 \Delta T^2 + \gamma_1 \Delta T^3 + \dots),$$

5

où F_{10} est la fréquence propre du résonateur 2, ΔT est la variation de température et α_1 , β_1 , γ_1 sont les coefficients thermiques de la fréquence F_1 de premier, deuxième et troisième ordres, respectivement.

10

La fréquence du résonateur 3 peut, de même, s'exprimer sous la forme:

$$F_2 = F_{20}(1 + \alpha_2 \Delta T + \beta_2 \Delta T^2 + \gamma_2 \Delta T^3 + \dots),$$

15

où F_{20} est la fréquence propre du résonateur 3, ΔT est la variation de température et α_2 , β_2 , γ_2 sont les coefficients thermiques de la fréquence F_2 de premier, deuxième et troisième ordres, respectivement.

20

La différence des fréquences F_{12} peut donc s'écrire:

$$F_{12} = F_1 - F_2 = (F_{10} - F_{20})(1 + \alpha \Delta T + \beta \Delta T^2 + \gamma \Delta T^3 + \dots)$$

avec:

$$\alpha = \frac{F_{10} \alpha_1 - F_{20} \alpha_2}{F_{10} - F_{20}},$$

25

$$\beta = \frac{F_{10} \cdot \beta_1 - F_{20} \cdot \beta_2}{F_{10} - F_{20}},$$

et

$$\gamma = \frac{F_{10} \cdot \gamma_1 - F_{20} \cdot \gamma_2}{F_{10} - F_{20}}.$$

- 5 La compensation du premier coefficient thermique se fait alors en posant:

$$F_{10} \cdot \alpha_1 - F_{20} \cdot \alpha_2 = 0 \text{ soit, } \frac{F_{10}}{F_{20}} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1},$$

le deuxième coefficient thermique étant alors égal à:

10
$$\beta = \frac{\alpha_2 \beta_1 - \alpha_1 \beta_2}{\alpha_2 - \alpha_1}$$

L'équation ci-dessus montre que le contrôle de β est d'autant meilleur que α_1 et α_2 sont différents l'un de l'autre. Afin d'optimiser le contrôle de l'annulation du premier coefficient thermique α de la différence de fréquence F_{12} , les modes de vibration des deux résonateurs 2 et 3 sont choisis de telle sorte que les coefficients thermiques du premier ordre qui leur sont associés soient aussi différents que possible l'un de l'autre. C'est ainsi que selon une variante avantageuse de l'invention, le mode de vibration du premier résonateur est un mode de cisaillement de surface, soutenu par un mode de Lamé, tandis que le mode de vibration du second est un mode d'allongement. La précision du premier coefficient thermique α dépend du rapport des fréquences des deux résonateurs, soit d'un rapport dimensionnel entre ces

15

20

derniers et non de leurs dimensions absolues. Comme les deux résonateurs sont réalisés sur le même substrat, ce premier coefficient thermique est de fait peu sensible à des effets de sous-attaque ou à des erreurs de découpe.

5

L'expression du deuxième coefficient thermique β de la différence de fréquence F_{12} montre que celui-ci peut être annulé, ou fortement réduit, en choisissant un rapport de $\frac{\beta_1}{\beta_2}$ égal au, ou proche du, rapport $\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$. Cette condition peut être réalisée par un choix

- 10 judicieux des orientations des deux résonateurs. Les figures 2.a et 2.b montrent, pour les deux modes de vibration choisis, les variations des premiers et deuxièmes coefficients thermiques α_1 et α_2 , β_1 et β_2 , respectivement, en fonction des orientations des résonateurs. Si les coefficients thermiques du premier ordre varient
- 15 peu avec l'orientation, il n'en est pas de même des coefficients du deuxième ordre et on peut voir que la condition précédemment indiquée peut être réalisée lorsque les orientations des résonateurs forment, l'une par rapport à l'autre, un angle d'environ 45°, les ondes de cisaillement et d'allongement se propageant,
- 20 alors, selon la direction $\langle 100 \rangle$.

Les structures planaires, avec des zones d'évanescence équilibrées, et les modes de vibration envisagés des résonateurs permettent d'obtenir des facteurs de qualité élevés; ce qui rend

25 possible la réalisation de bases de temps (résonateurs et

oscillateurs) à faible consommation. Par ailleurs, afin d'atténuer fortement le couplage avec les modes de vibration à plus basse fréquence, le résonateur 2 peut être réalisé en ayant des masses 21 et 22 sous la forme d'un empilage (au moins deux) de plaques carrées sans, toutefois, que cela modifie la fréquence du mode de Lamé. Il s'agit là d'une propriété des modes de Lamé qui peut être mise à profit pour augmenter l'efficacité de l'ensemble résonateur et oscillateur.

- 10 De manière connue, l'excitation des résonateurs peut être faite par un couplage de type électrostatique ou de type piézoélectrique. Selon une variante avantageuse de l'invention, ceux-ci sont excités par effet piézoélectrique, par exemple, par l'intermédiaire d'une couche de nitrure d'aluminium (AlN). Comme indiqué sur la figure 3
- 15 représentant, par exemple, le résonateur 3, le couplage piézoélectrique est réalisé par un dépôt d'AlN 40 dans la région centrale du bras, à l'endroit où les déformations d'allongement sont les plus importantes. Cette zone rectangulaire d'environ $225\text{ }\mu\text{m}$ x $950\text{ }\mu\text{m}$ se prolonge le long du bras de fixation 24 par
- 20 l'intermédiaire d'une bande mince 41 jusqu'à une zone de connexion 42, ayant à peu près $120\text{ }\mu\text{m}$ de côté et sur laquelle peut être soudé un fil de connexion. Comme représenté sur la vue en coupe, selon l'axe A-A de la figure 3, de la figure 4, la couche 40 de nitrure d'aluminium est recouverte d'une couche d'aluminium
- 25 43, couche qui est également déposée directement sur le substrat pour former les plots 45 de connexion à ce dernier. Dans le cas où le silicium formant substrat ne serait pas dopé, il y aurait lieu de

prévoir une seconde électrode entre le substrat et la couche de nitrure d'aluminium. Cette seconde électrode est, de préférence, réalisée en platine; matériau se prêtant particulièrement bien à la croissance du nitrure d'aluminium. La figure 4 montre également le fait que le substrat est, en fait, une plaque de silicium dont la face inférieure est en oxyde de silicium. De telles plaques, appelées "SOI" ce qui signifie silicium sur isolant, ont déjà l'épaisseur voulue. Comme cela a été mentionné précédemment, l'épaisseur des résonateurs est un paramètre relativement libre qui est déterminé en fonction de l'application. Ainsi une épaisseur élevée permet d'avoir une résistance aux chocs élevée et un effet réduit de couplage avec d'autres modes de vibration hors du plan alors qu'une faible épaisseur permet un fort couplage piézoélectrique et donc, une faible consommation de l'oscillateur. A titre d'exemple non limitatif, les résonateurs ont une épaisseur d'environ 50 μm .

Les étapes de fabrication des résonateurs sont données ci-après à titre d'exemple non limitatif:

20

- Dépôt, par pulvérisation, d'une couche d'environ 100 nm de platine (Pt) sur la face supérieure (A) du substrat de silicium;
- Structuration de la couche de platine, par photolithographie et gravure plasma, pour la réalisation des premières électrodes;
- Dépôt, par pulvérisation, d'une couche de nitrure d'aluminium (quelques μm);

25

- Dépôt, par pulvérisation, d'une couche (environ 100 nm) d'aluminium et usinage sélectif de cette couche pour la réalisation des deuxièmes électrodes;
- Gravure de la couche d'AlN pour définir les zones d'excitation piézoélectrique;
- Attaque rapide par plasma ("Deep Reactive Ion Etching") de la face A pour définir la géométrie des résonateurs;
- Eventuellement, découpe des résonateurs par sciage; et
- Mise sous vide et connexion des résonateurs à leur circuit associé.

A titre indicatif, les paramètres des résonateurs sont indiqués ci-après.

Pour le résonateur 2,

- dimensions des plaques: 2X1mm;
- longueur du bras central: 1mm;
- fréquence: \approx 4 MHz.

Pour le résonateur 3,

- longueur hors tout: 2,5mm;
- longueur du bras central: 1,2mm;
- fréquence: \approx 1 MHz.

Un exemple de circuit permettant de délivrer une fréquence stable en température à partir des résonateurs décrits ci-dessus est schématiquement représenté à la figure 5. Le bloc 200 représente l'ensemble du résonateur 2 et de l'oscillateur qui lui est associé et le bloc 300 représente l'ensemble du résonateur 3 et de

l'oscillateur qui lui est associé. Le bloc 200 délivre un signal à la fréquence F_1 et le bloc 300 délivre un signal à la fréquence F_2 , la fréquence F_1 étant, selon l'exemple décrit où les deux résonateurs ont des dimensions semblables, plus élevée (d'environ 4 fois) que la fréquence F_2 . La fréquence F_1 est donc divisée par un circuit diviseur de fréquence 400, lequel fournit un signal à la fréquence $\frac{F_1}{N}$, où N est un nombre entier (égal à 4 dans l'exemple considéré), qui représente le rapport de division du circuit diviseur 400. Les signaux issus du bloc 300 et du circuit diviseur 400 sont appliqués au circuit 500 qui fournit la différence $F_2 - \frac{F_1}{N}$. Comme indiqué précédemment, cette différence de fréquence est indépendante de la variation de température et peut donc servir à réaliser une base de temps intégrée, stable et précise et pouvant être utilisée dans beaucoup d'applications, en particulier, des applications portables.

Bien que la présente invention ait été décrite en relation avec des exemples de réalisation particuliers, on comprendra qu'elle est susceptible de modifications ou variantes sans pour autant sortir de son domaine. Ainsi, si le silicium a été retenu pour la présente description, les résonateurs de l'invention pourraient être réalisés dans d'autres monocristaux. De même, les modes de vibration choisis ne doivent être considérés qu'à titre d'exemples non limitatifs.

Revendications

1. Ensemble de résonateurs intégrés dans un monocristal (1) et destinés à permettre la réalisation d'une base de temps stable en température, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un premier (2) et un deuxième (3) résonateurs prévus pour osciller selon des modes de types différents et avec des dimensions telles qu'au moins le premier coefficient thermique de la différence de leur fréquence α est égal ou proche de zéro.
2. Ensemble de résonateurs selon la revendication 1, caractérisé en ce ledit monocristal est du silicium.
3. Ensemble de résonateurs selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits premier et deuxième résonateurs sont orientés selon un angle tel que le deuxième coefficient thermique de ladite différence de fréquence β est égal ou proche de zéro.
4. Ensemble de résonateurs selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit premier résonateur (2) est prévu pour osciller selon un mode d'allongement.
5. Ensemble de résonateurs selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit deuxième résonateur (3) est prévu pour osciller selon un mode de Lamé.

- 5 6. Ensemble de résonateurs selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits premier et second résonateurs ont, chacun, une structure symétrique constituée par un bras central (23, 33) reliant deux plaques rectangulaires (21, 22 et 31, 32), lesdits résonateurs pouvant être tenus au niveau de la partie médiane (24, 34) desdits bras centraux.
- 10 7. Ensemble de résonateurs selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits résonateurs comportent des moyens d'excitation piézoélectrique.
- 15 8. Ensemble de résonateurs selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits moyens d'excitation piézoélectrique comprennent une couche d'AlN (40) déposée sur lesdits bras centraux et des électrodes (43, 45) permettant de contacter ladite couche d'AlN, d'une part, et le substrat de silicium, d'autre part.
- 20 9. Ensemble de résonateurs selon la revendication 8, caractérisé en ce que le substrat de silicium est dopé et constitue l'une des électrodes desdits moyens d'excitation piézoélectrique.
- 25

10. Base de temps compensée en température, caractérisée en ce qu'elle comprend un ensemble de résonateurs selon l'une quelconque des revendications précédentes, des moyens pour exciter et entretenir leur oscillation (200, 300) et des
5 moyens (400, 500) pour engendrer un signal stable en température représentatif de la différence des fréquences d'oscillation desdits résonateurs.

11. Base de temps selon la revendication 10, caractérisée en ce
10 qu'un des deux résonateurs a une fréquence d'oscillation beaucoup plus grande que celle de l'autre et lesdits moyens pour engendrer un signal stable en température comportent, en outre, un circuit diviseur de fréquence (400) pour réduire la
15 fréquence la plus élevée avant d'effectuer ladite différence des fréquences d'oscillation.

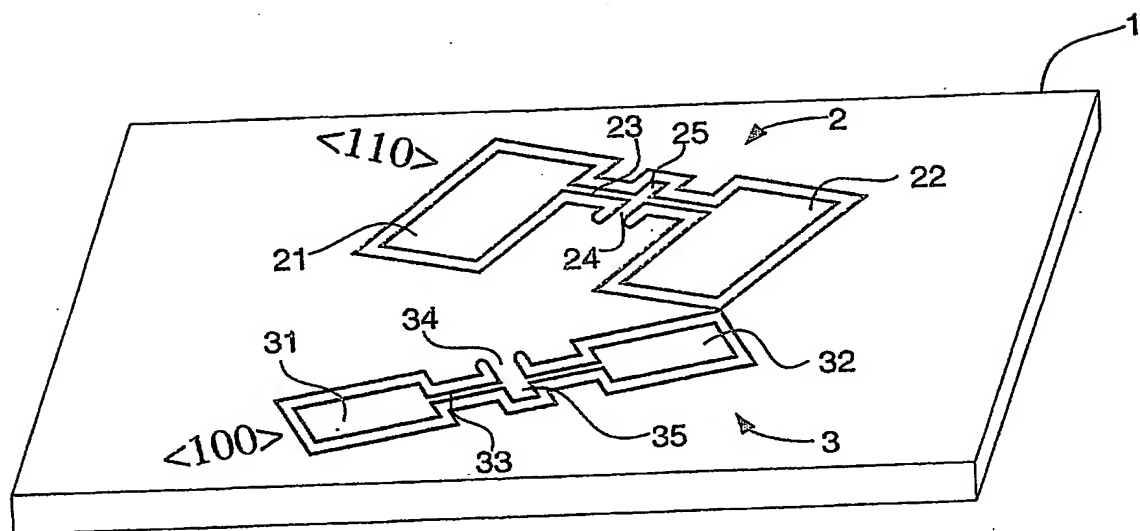


Fig. 1

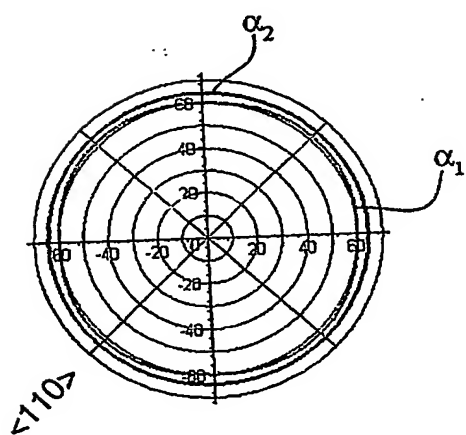


Fig. 2.a

$\langle 100 \rangle$

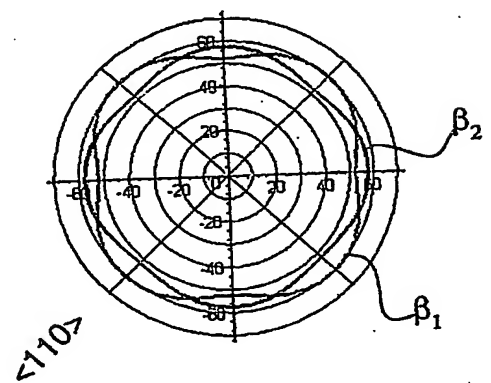


Fig. 2.b

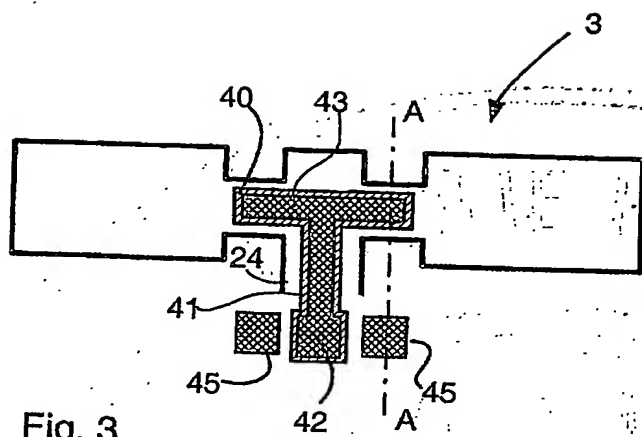


Fig. 3

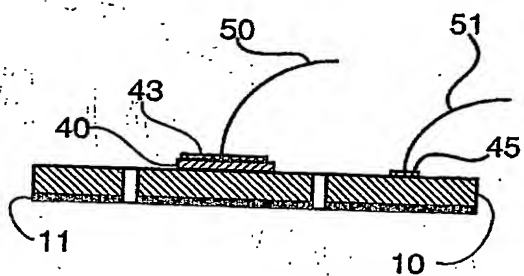


Fig. 4

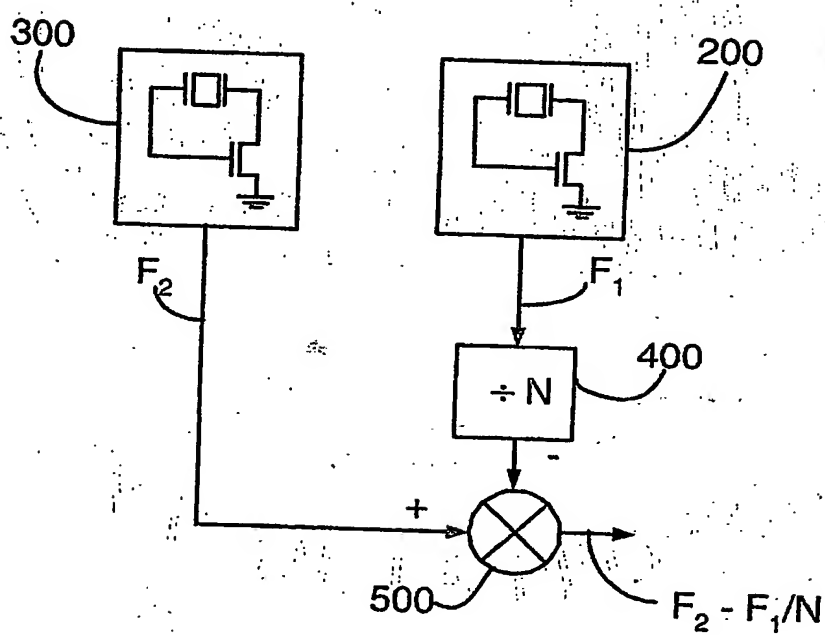


Fig. 5

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235°0

DÉPARTEMENT

26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75600 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1../1..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 113 © W / 2706

Vos références pour ce dossier (facultatif)		DB4096/CA/LT
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		030583
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
RESONATEURS INTEGRES ET BASE DE TEMPS INCORPORANT DE TELS RESONATEURS		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA Recherche et Développement Rue Jaquet-Droz 1 2007 NEUCHÂTEL SUISSE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
<input checked="" type="checkbox"/>	Nom	BOURGEOIS
	Prénoms	Claude
Adresse	Rue	Ministre 18
	Code postal et ville	12014 BOLE - SUISSE
Société d'appartenance (facultatif)		
<input type="checkbox"/>	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
<input type="checkbox"/>	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois Inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
15 MAI 2003		
Jean-Pierre COLAS - CPI N° 92 1056		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**